

I-B314 高架橋の耐震解析

東海旅客鉄道 正会員 稲熊 弘

1. はじめに

東海道本線尾張一宮駅部のラーメン高架橋およびラーメン橋台の柱を対象に、7ブロックについて耐震性能の検討を行ったので、起街道高架橋を例に挙げて解析方法および解析結果について述べる。

2. 解析対象高架橋の概要

解析対象高架橋は、建造物設計標準解説（RC建造物）昭和45年3月および耐震設計指針（案）解説昭和54年9月に準拠して設計されており、構造形式については以下の通りである。（図-1、2）

- (1) 高架橋：1層5柱式3径間（ゲルバー形式）
- (2) 基礎：場所打ち杭（ $\phi=1,100\text{mm}$ ）
- (3) 軌道：5線バラスト軌道

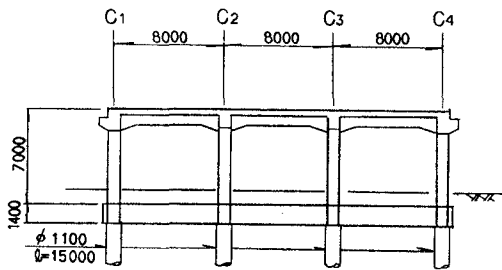


図-1 高架橋線路方向側面図

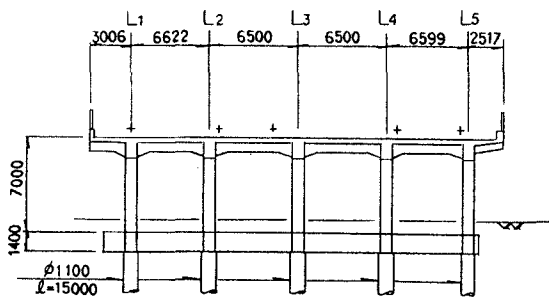


図-2 高架橋線路直角方向断面図

3. 解析方法

- (1) 解析は部材・地盤とも静的線形解析とし、平面解析による。

- (2) 耐震性能の検討は、構造解析において設計水平震度を $K_h=0.2, 0.32, 0.5$ の3種類で計算を行い、部材ごとに断面力が降伏曲げ耐力・終局曲げ耐力・終局せん断耐力（安全率=1.0）に達するときの水平震度を補間法により算出し、じん性率および換算弾性水平震度を求める。

- (3) 構造系の耐震性能は、構造系内で最も早く降伏曲げ耐力、または終局せん断耐力に達する部材の耐震性能に等しいものとする。

4. 解析条件

- (1) 解析手法は限界状態設計法によるが、設定する限界状態としては終局限界状態（耐震）とする。

- (2) 荷重の組合せ

死荷重(D)+列車荷重(L)+温度変化の影響(T)+乾燥収縮(S_d)+地震の影響(E_a)

- (3) せん断耐力の算定に用いるせん断補強鉄筋量はせん断検討位置（部材高さの1/2の位置）に配置されている値と柱全域のせん断補強鉄筋量の最小値を用いる。

- (4) 耐力およびじん性率の計算は、鉄道建造物等設計標準・同解説（以下、コンクリート標準）に準拠する。

5. 解析フロー

解析の手順を図-3に示す。

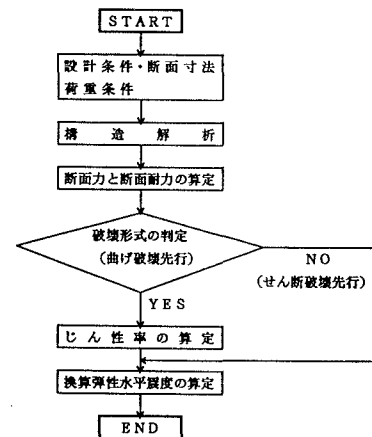


図-3 解析フロー

6. 換算弾性水平震度の算定

柱部材ごとに設計水平震度 $K_h = 0.2, 0.32, 0.50$ の断面力を求めた後、水平震度と安全率が直線回帰すると仮定して、安全率が1に達するときの水平震度を保有水平震度とした。（図-4）

曲げ破壊先行【 $K_h(\mu) < K_h(V_y)$ 】および曲げ降伏後のせん断破壊【 $K_h(M_y) < K_h(V_y) < K_h(\mu)$ 】の場合は、コンクリート標準【付属資料10, 11】により部材のじん性率を算出する。ここに、

$K_h(V_y)$ ：せん断耐力に達する時点の水平震度

$K_h(M_y)$ ：曲げ降伏耐力に達する時点の水平震度

$K_h(\mu)$ ：曲げ耐力に達する時点の水平震度

次に、ニューマークのエネルギー一定則に基づき、次式により部材の持つ換算弾性水平震度を算出する。

$$K_{he} = (2\mu - 1)^{1/2} \cdot K_h(M_y)$$

K_{he} ：換算弾性水平震度

μ ：じん性率（ $\mu = \delta u / \delta y$ ）

起街道高架橋の耐震性能の解析結果は、表-1に示すとおりである。

7. おわりに

解析結果より、耐震性能に大きな影響を与えた要因としては、せん断スパン比、帯鉄筋比と軸方向鉄筋比、作用軸力等であった。

(1) せん断スパン比 ℓ / d

せん断スパン比が大きいと、じん性に優れており、曲げ破壊先行の傾向となる。逆に、柱長さが短く、柱断面が大きいものほど耐震性能が劣っている。

(2) 帯鉄筋比と軸方向鉄筋比

じん性率の優劣は帯鉄筋比により支配される。主鉄筋量に対し帯鉄筋量が少ないとせん断破壊先行の傾向にある。ただし、高架橋下部を駅施設等として利用するため、柱断面を絞っている場合の柱や上部工反力を支持するラーメン橋台の柱では、コンクリートの圧縮力を補完するため、主鉄筋を増やしており、鉄筋の応力度には余裕がある。その結果、主鉄筋量が支配的となり、曲げ耐力及び曲げ降伏耐力がせん断耐力を上回り、絶対的耐力は大きいものの、せん断先行破壊となるケースがある。

(3) 作用軸力

作用軸力が小さいと曲げ耐力が小さくなる。列車荷重等上載荷重が高架橋の片側に載荷された場合、軸力の抜ける側（載荷しない側）の耐力が小さくなる。

以上から、せん断スパン比が大きく、軸方向鉄筋比に対して帯鉄筋比の割合が大きい柱構造で、かつ大きな耐力を保有しているものが、耐震性能に優れている構造と考えられる。

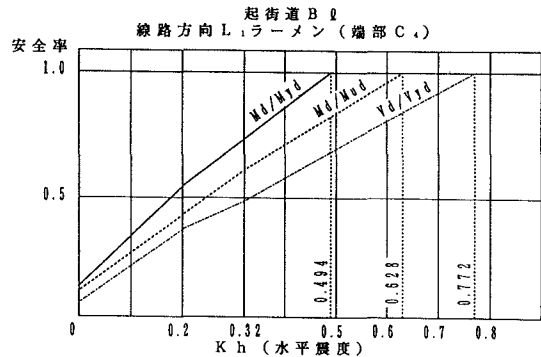


図-4 保有水平震度算出グラフ

表-1 断面力が各耐力に達する時点の水平震度

項 目	起街道方向ラーメン				線路直方向ラーメン	
	L ₁ ラーメン		L ₁ ラーメン		C ₁ ラーメン	C ₂ ラーメン
	C ₁ C ₂ 判	C ₁ C ₁ 判	C ₁ C ₂ 判	C ₁ C ₁ 判	L ₁ ~L ₁ 判	L ₁ ~L ₁ 判
断面力が曲げ降伏及び耐力に達する時点の水平震度						
曲げ降伏耐力	0.494	0.285	0.502	0.283	0.333	0.286
曲げ耐力	0.628	0.363	0.638	0.362	0.411	0.360
せん断耐力	0.778 < 0.772 >	0.534 < 0.506 >	0.795 < 0.726 >	0.538 < 0.488 >	0.476 < 0.449 >	0.530 < 0.482 >
じん性率	4.18 < 3.77 >	4.47 < 4.40 >	3.81 < 3.63 >	4.47 < 4.04 >	3.60 < 3.59 >	4.68 < 4.22 >
換算弾性水平震度	1.338 < 1.284 >	0.803 < 0.796 >	1.291 < 1.256 >	0.798 < 0.753 >	0.830 < 0.801 >	0.827 < 0.781 >
柱断面（断面×底寸）	8.90×0.90	0.90×0.90	0.90×0.90	0.90×0.90	0.90×0.90	0.90×0.90
柱高さ（m）	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.60
主鉄筋	9-D29-57.82	7-D29-44.97	9-D29-57.82	7-D29-44.97	9-D29-57.82	7-D29-44.97
帯鉄筋（せん断補強鉄筋比）	D13 ctc 100-1根 (0.282)		D13 ctc 100-1根 (0.282)		D13 ctc 100-1根 (0.282)	
せん断スパン比	3.285		3.285		3.285	3.406
基礎構造	1柱1杭				1柱1杭	

注）上記表中の数値は2D区間の帯鉄筋間隔とした場合であり、< > 内の数値は帯鉄筋間隔125mmとした場合を示す。